

INHIGEO MEETING

portugal 2001

**GEOLOGICAL
RESOURCES
AND HISTORY**
june 24th — july 1st / 2001

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

proceedings

HISTOIRE DES MINES DANS LA PÉNINSULE IBÉRIQUE

OCTÁVIO PUCHE RIART

Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero de España
Escuela de Ingenieros de Minas – Universidad Politécnica de Madrid, España
opuche@dinge.upm.es

1. L'ANTIQUITÉ

Tous les archéologues savent que le travail des mines est l'industrie historique par excellence et qu'elle précède l'agriculture et l'élevage. C'est au début de la vie des hommes, dans la **Culture du Caillou** (Pebble Culture, 3.000.000-600.000 années avant J.C. à peu près) et dans le **Paléolithique** (600.000-8.000 années avant J.C.) que les **industries lithiques** ont constitué les premiers ateliers de l'humanité. D'abord **un travail des mines collecteur** est apparu où les roches et les minéraux obtenus sont changés en outils grâce à de simples transformations, mais, un peu plus tard, on passe à faire des travaux plus compliqués. Cependant dans la Péninsule Ibérique il n'y a pas de restes de mines souterraines dans ces périodes comme il se passe dans d'autres lieux du monde.

Dans le Paléolithique commencent à apparaître les pigments naturels: l'hématites, la pyrolusite, le vermillon, la limonite, des argiles, des carbonates, etc., dont l'usage suppose quelquefois le **concassage**. Nous avons de différents exemples, comme les pierres rituelles en couleurs de la Grotte des Azules ou de nombreuses peintures rupestres au Nord de la Péninsule (p.e. les Grottes d'Altamira).

Jusqu'à il y a très peu de temps, le **Néolithique** se caractérisait par l'apparition de la **pierre polie** et de la **céramique**. Aujourd'hui il est considéré comme une période à l'origine vaste où les **premières agglomérations humaines**, donc, la vie sédentaire et le développement de l'agriculture sont établis. On utilise l'argile, la pierre et le bois dans les nouvelles constructions.

La décoration de la céramique, qui est travaillée à la main, est variée, et on y peut mettre en relief l'utilisation tardive des couleurs ocres sur sa surface à fin de lui donner un aspect rougeâtre (**décoration ocre-rouge**). On peut souligner aussi l'apparition de nouveaux **outils lithiques**: de grandes haches de pierre pour couper des arbres, des faucilles aux dents de silex, des herminettes, etc. De la même façon de grandes pierres qui sont transportées grâce au rouleau et au levier sont employées dans les **constructions mégalithiques**.

À Can Tintorer, Gavà (Barcelona) on a découvert des mines néolithiques souterraines de variscite-turquoise-ocres datées de 5350±190 années d'ancienneté. Dans ces mines on peut voir soixante-dix galeries qui sont disposées dans plusieurs niveaux et on y a trouvé des pics, des cales, des ciseaux,

des percuteurs et d'autres outils employés pour le travail minier. À Campolide, près de Lisbonne, on a trouvé aussi des travaux souterrains pour extraire le silex. Dans le Néolithique Moyen, vers le milieu du IV millénaire, on connaît en Europe 300 mines souterraines à peu près. Il y a donc une combinaison entre le travail des mines en rapport avec une économie de subsistance (le silex) et celui qu'on emploie pour réussir des intérêts d'estime (la variscite, la turquoise, etc.).

Dans le Néolithique aussi on a exploité, parmi d'autres, les mines de sel de Cardona (Barcelona), Imón (Guadalajara) et Espartinas (Madrid). Le sel ordinaire, qui est tellement apprécié, devient la monnaie courante; ça c'est l'origine du mot salaire.

2. L'ÂGE DES MÉTAUX

L'Âge du Bronze (3000-500 années avant J.C.) est précédée d'une métallurgie du cuivre et du cuivre à l'arsenic. Les mines égyptiennes du cuivre du Sinaï sont datées du 6000 avant J.C.

Les **Vases Campaniformes** de la fin du III millénaire apparaissent auprès de poignards et de pointes de lance dans les "tumuli" de l'Âge du Bronze, surtout au Portugal. Les objets métalliques de cuivre à l'arsenic (quelquefois avec de l'étain) ou en **or** (naissance de l'**orfèvrerie**) sont très fréquents. Dans le deuxième millénaire des objets d'**argent** sont aussi élaborés.

Au SE de l'Espagne, vers le Bronze Moyen (1800-1300 avant J.C.), apparaissent dans la **Culture Argarique** des **fours** creusés dans le sol pour mettre en fusion des minéraux oxydés de cuivre, ainsi que des scories, des **creusets** et des produits élaborés en cuivre à l'arsenic, tels que des **haches plates**, des **pointeaux** ou des **poignards**. Le combustible employé était du charbon végétal et les températures étaient élevées au moyen du soufflage.

Le bronze est un **alliage** de cuivre et d'étain (10% à peu près) et quelquefois d'un peu de plomb. La cassitérite (SnO_2) est presque le seul minéral d'étain et elle apparaît principalement à l'O-NO Péninsulaire; elle est peu abondante, ce qui fait que le bronze devienne un matériel cher et facile à monopoliser. Il y avait de différents outils qui étaient obtenus au moyen du **martelage** à froid, mais ceux-ci n'ont pas arrivé à déplacer l'utilisation de la pierre dans les outils habituels.

Dans ce contexte, dans le **Bronze Final** (1200-1100 avant J.C.), un important centre minier et métallurgique apparaît au NO. On peut mettre en relief les mines cuivrées: El Áramo, El Milagro et Delfina (en Asturies) et La Grotte de Los Bueyes à Cármenes (León). Dans la mine de El Milagro (à Onís) le minéral était extrait par la **technique des caldes**: la roche était chauffée au feu pour être refroidie brusquement après à l'eau à fin de l'affaiblir; par la suite elle était frappée avec des maillets ellipsoïdaux en pierre de quartzite et avec des marteaux en hache de cerf. Les outils de bronze obtenus dans cette zone sont très particuliers: des **faucilles**, des **haches de talon**, des **épées** et des **lances à la manette tubulaire**.

Peu après, la zone métallurgique émergente est le SO péninsulaire, le **Royaume de Tartesse**, entre l'Espagne et le Portugal. Son importance dans le commerce des minéraux et des métaux, surtout avec les phéniciens, est si grande qu'on peut voir fréquemment sa citation dans la Bible (Rois, Isaïe, Ezéchiel, Jérémie) et dans d'autres chroniques de l'ancienneté. L'éclat de Tartesse est produit dans les VII-VI siècles avant J.C. L'épave plongée dans la "ría" de Huelva, chargée d'armes inutilisées, met en évidence le **redressement métallurgique des ferrailles**. On voit fréquemment sur les stèles atlantiques de pierre des dessins de guerriers en train de protéger le charriot, où l'on suppose que ce minerai si apprécié était transporté, étant la **Route de l'argent** l'une des principales voies de transport minières.

Dans le Bronze Final apparaît aussi la technique de la **fonderie à cire perdue**. Un modèle en cire de la pièce qu'on devait fondre était réalisé; cette pièce était recouverte d'argile et tout était chauffé pendant que la cire glissait à travers un trou y réalisé; cela configurait un moule où l'on pouvait renverser le métal fondu. Au moyen de cette technique on a réalisé des ornements plus sophistiqués comme des **torques**, des **poignées d'épées**, etc.

La possession des métaux, articles de luxe, détermine un certain prestige, dans une société chaque fois plus stratifiée à cause de la division du travail et de la complexité sociale chaque fois plus grande. Le manque du produit conditionne aussi que la procédure d'élaboration devienne un secret corporatif, gardé avec soin par les génies métallurgiques locaux.

Vers le 2300 avant J.C. les égyptiens ont travaillé d'une façon ponctuelle le **fer météorique**. Cependant **L'Âge du Fer** ne commence que jusqu'au 1400-800 avant J.C., selon les régions. Le début du fer est dû aux hittites en Asie Mineure.

Le fer est différent de l'étain à cause de son abondance, ainsi que de l'étendue de ses gisements (même si au début on exploitait seulement des minéraux siliceux), ce qui permettait des productions plus grandes, en faisant difficile la monopolisation. De la même façon le fer est plus dur, plus résistant et plus tenace que le bronze. Ces qualités sont très bonnes pour l'industrie de guerre et pour la fabrication de certains outils.

Les peuples qui connaissaient les procédures employées pour la fabrication des armes de fer ont imposé son autorité. Ce métal a été introduit en Espagne par la **Culture des Champs des Urnes** (par les celtes) au VIII siècle avant J.C. Ces colons ont exploité les gisements de fer du Moncayo, dans la Celtibérie, et ceux de Cinabre à Sisapo (actuelle Almadén) entre autres.

3. LE TRAVAIL DES MINES À L'ÉPOQUE DE LA COLONISATION GRECQUE ET ROMAINE

Le premier précédent du développement commercial grec à la recherche de métaux en Hispanie peut être le voyage de KOLAIOS DE SAMOS (VIII siècle avant J.C.) à seul fin de réussir de l'argent.

Vers le 660 avant J.C. commence la décadence de Tyr, à cause de la poussée assyrienne, avec une période d'influence grecque et carthaginoise plus grande. La parution des **premières monnaies** d'or en Lydie, Asie Mineure (VII siècle avant J.C.) a été très importante dans les échanges commerciaux.

Le 483 avant J.C. TEMISTOCLES, vainqueur des perses dans la bataille de Salamina, persuade les athéniens pour exploiter les voisines mines argentifères de Laurión, même s'il est très probable que l'argent grec du V siècle vienne en partie de la Péninsule Ibérique. Les métaux, près d'autres produits de grande valeur comme le vin et l'huile, sont les biens le plus fréquemment transportés dans le commerce maritime.

ESTRABÓN (III, 146) disait que la terre des ibères est pleine de métaux. Cet historien grec (III, 2-10) parle des mines de Carthagène en utilisant des phrases de POLIBIO: *"Et je passe sous silence tout ce qui fait allusion à la gangue argentifère, traînée par un courant, dont on dit qui est écrasée et écartée de l'eau au moyen des tamis; les sédiments sont triturés de nouveau et infiltrés une fois de plus et séparés ainsi par les eaux, ils sont écrasés encore une fois. Ce cinquième sédiment est fondu et séparé du plomb, restant, donc, l'argent pur"*. Voilà un système complexe de production, provenant de l'exploitation des galènes argentifères. ESTRABÓN parle de l'existence de mines d'or, d'argent, de fer, de plomb et d'étain dans la péninsule. On peut souligner la mention aux riches Puits d'Hanniba dans la zone de Linares (Jaén), qui produisaient des richesses extraordinaires à leurs propriétaires.

Les romains ont lutté contre Carthage pour l'hégémonie de la Méditerranée Occidentale, conquérant Carthagène le 209 avant J.C. Installés dans notre territoire, ils ont exploité abondamment toutes les régions minières, mais en réalisant presque toujours des travaux superficiels.

Ils avaient l'habitude de suivre les filons au moyen de **rafes** ou de tranchées pas très profondes, même si quelques fois ils faisaient aussi des **galeries** d'allongement. Les **soutènements** de maçonnerie y étaient très fréquents. Beaucoup de fois les galeries étaient étroites, car l'abattage était coûteux, et seulement un enfant pouvait les traverser. Les profondeurs n'étaient pas très grandes, même si on a creusé un **puits** de 3m. de diamètre et 153 m. de profondeur à Cabezo Rajado (Murcia) et même on a creusé 248 m. au moyen de puits échelonnés. Les descentes et les extractions se réalisaient au moyen de puits (avec des barils), de galeries penchées, de troncs avec des marches (Mazarrón, Aljustrel, etc.).

Pour l'**éclairage** on utilisait des **lucarnes**, en employant comme combustible de l'huile. Il y avait des niches dans les galeries où l'on plaçait ces lampes, qui s'allumaient et s'éteignaient quand l'équipage passait; il y avait aussi une personne chargée de son entretien, qui les rechargeait avec une petite bouteille.

Le principal problème historique du travail des mines a été la **sortie de l'eau**. Les romains sortaient l'eau de différentes manières: avec des **pompes de Ctesibio**, type aspirantes-foulantes, (décrites par VITRUBIO, X, 7; on en garde une dans le MAN, en Espagne, et une autre dans le MNA, au Portugal) avec des **paniers** brayés en spart, avec des baquets de bronze, avec des **vis d'Archimède** (décrit

par DIODORO, V, 36-38) et avec des **norias** diverses qui marchaient au moyen de la force du sang, bien en série, bien en parallèle, etc. (il faut en mettre en relief les découvertes de douze paires à Tharsis, quarante à Río Tinto et dix à São Domingos) (Fig. 1). Quand il était possible, des dégravoiments à grande longueur étaient réalisés pour pouvoir effectuer un drainage de gravité moins cher (p.e. à Sierra de Caveira). La protection légale de ces galeries est recueillie sur les **tables** de bronze d'**Aljustrel** (articles 14-18 de VIP II) (Fig. 2).

L'**abattage** était varié; on employait des outils comme: de grands maillots de pierre, des pics, des cales et des leviers en fer, ainsi que le chauffage-refroidissement successifs, etc. La **technique des coquilles** et celle de "**arrugia**" ou "**ruina montium**", employées dans des gisements d'or, ont été d'autres méthodes plus particulières. Cette dernière méthode était appliquée à Las Médulas et a été décrite par PLINIO dans le I siècle avant J.C. (XXXIII, 67-68). En général l'eau était conduite à travers de canaux de pente douce et sans turbulences, qui étaient tirés au moyen d'un niveau dénommé "**chorobates**". L'eau traînait les sédiments aurifères. La technique des coquilles consistait à creuser la base du gisement et l'eau qu'y circulait enfonçait les blocs. À Las Médulas l'eau provenait du Teleno et des Monts Aquilanos, à dizaines de kilomètres de distance, et elle était transportée dans des dépôts situés au-dessus des gisements miniers. Puis, elle était dispensée à travers un réseau secondaire, et le débit était conduit dans les puits creusés dans les proximités du front d'exploitation. Les puits communiquaient avec le front grâce à des galeries horizontales. Le fluide introduit, au moyen de l'effet du coup de bélier hydraulique, faisait casser la montagne où de grandes masses de terrain étaient arrachées. L'eau portait les sédiments engendrés vers des canaux dénommés "**agogae**", où la concentration de gravitation de l'or avait lieu. Les plus grandes exploitations d'or au Portugal ont été celles de Três Minas, près de Vila Pouca de Aguiar; dans ces exploitations 20.000.000 Tm de terre ont été remuées. À Las Médulas on a remué 300.000.000 Tm.

Dans le cas du fer, on a exploité des minéraux métallifères siliceux, qui permettaient une meilleure expulsion du métal de la scorie pâteuse au moyen du martelage. Il fallait mettre en relief, par sa qualité, les armes ferriques de Turiaso (Tarazona) et de Bilibis (Calatayud), qui étaient **trempees** dans les eaux des fleuves Queiles et Jalón. Le trempage était réalisé aussi au moyen d'urines ou d'huile, obtenant ainsi la nitruration ou cementation des pièces. Cette méthode était employée pour fabriquer des outils plus résistants. De la même façon des minéraux de fer étaient extraits à Peña Camarga (Santander), au Marquesado de Zenete (Granada), ainsi que à Marmelino, Pousafoles do Bispo et Cabeço das Fraguas (Guarda) et Serra Reboredo, parmi d'autres lieux.

On a exploité aussi d'autres substances, comme: l'antimonium (p.e. Serra dos Açores), l'étain (p.e. Vale do Zézere, près de Belmonte ou Envedosa, à Vinhais), le mercure (p.e. Las Cuevas, à Almadén), le plomb (p.e. à Meda, dans les minas do Braçal -dans le district de Aveiro-, dans les minas do Barril -à Mórtaqua-, etc.), le cuivre (p.e. à Aljustrel, avec 450.000 Tm de scories ou à Río Tinto, avec 15.000.000 Tm de scories), l'argent (obtenu à partir des jarosites de la Bande Pyritique), la couperose (p.e. Bande Pyritique), les oxydes de cobalt (p.e. Picos de Europa), les plâtres (p.e. à Segóbriga -

Cuenca-), la variscite (p.e. à San Vitero -Zamora-), le sel ordinaire (p.e. à Egeleste -Jaén-), etc. De la même façon on a extrait abondamment des roches ornementales (p.e. à El Medol -Tarragona-, à Macael -Almería-, à Incio -Lugo-, à Canteras -Murcia-, à Estremoz, etc.). Ces produits étaient commercialisés fréquemment dans toute la Méditerranée, par exemple le "Brocatello", qui est une pierre calcaire à breches extraite près de Tortosa (Tarragona), est employé en des monuments d'Italique, Rome et le Nord de l'Afrique.

Dans un premier moment, les mines appartenaient aux propriétaires du terrain. Dans le Bas Empire y peuvent accéder d'autres personnes payant un dîme aux propriétaires du terrain et un autre à l'État. Un événement très important est la découverte des **tables de bronze d'Aljustrel**, relatives à une partie de la législation minière de l'époque. La première a été trouvée à mai 1876, et elle a été datée de l'époque de ADRIANO (117-138 après J.C.), et la deuxième, trouvée à 1906, est prochaine au 173 après J.C. Les mines appartenaient quelquefois à l'État (p.e. Sisapo, actuelle Almadén), même s'il y avait aussi des concessions à des particuliers et à des sociétés.

DIODORO DE SICILIA (V, 36-38) décrit la vie des miniers, qui étaient des esclaves fréquemment, même si d'autres fois ils agissaient comme salariés: *"Ces pauvres malheureux étant en sueur la nuit et le jour avec une inexprimable fatigue dans ces horribles cachots souterrains, fournissaient à leurs patrons des richesses infinies, mais les payant beaucoup de fois de leurs propres vies, car ils étaient très nombreux ceux qui tombaient morts sous le poids d'un travail si cruel"* (Fig. 3).

En gros, on peut remarquer pendant cette période, une série de progressions métallurgiques et dans les applications minérales: on a obtenu le mercure par **distillation**, s'utilisant en des **dorures** et des **amalgames**. On a amélioré les techniques d'**affinage** et l'usage de **fondants**. On a obtenu le minium (oxide blanc de plomb) par **copellation** qui était employé en peinture. Les oxides de cobalt étaient utilisés en **émaux** et le vermillon comme colorant. On fabriquait des **verres** en couleurs et qualités très variées. Etc.

4. LE TRAVAIL DES MINES AU MOYEN ÂGE

On constate l'existence d'un travail des mines très varié pendant la **période visigothique**. Les barbares qui étaient arrivés en Ibérie n'étaient pas si incultivés comme on pouvait penser, car après une longue vie en commun avec les romains dans la Gaule ils s'étaient latinisés.

On peut souligner l'utilisation du **fer** dans les armes et les outils. Ce minerai est exploité dans des lieux très nombreux, comme Burguillos del Cerro (Badajoz), Dolar (Granada) et peut-être Aljustrel (où l'on connaît l'existence d'une mine de fer postérieure, XIII siècle). Le fer est un matériel cher; c'est pour cette raison qu'il y avait des moines **ferrarius** dans les monastères qui s'occupaient avec exclusivité de soigner les outils (p.e. dans la **Regla Monacorum**, V, de SAN FRUCTUOSO DE BRAGA: *"tous les*

outils et les ustensiles doivent être gardés dans un seul dépôt et sous la surveillance d'un seul moine actif et prévoyant").

Le **bronze** est très fréquent dans des éléments ornementaux, tels que des fibules de pont, des mors de bride, des ornements religieux, etc. L'**étain** provenait de Gallaecia et Lusitania, comme SAN ISIDORO DE SEVILLA décrit dans **Las Etimologías** (XVI). En ce qui concerne les mines de **cuivre**, elles étaient très nombreuses: Colmenarejo (Madrid), Sotiel-Coronada (Huelva) peut-être, etc.

L'**or** du Tajo et du NO péninsulaire était employé en bijouterie et dans les Hôtels de la Monnaie, car les monnaies étaient frappées seulement avec ce métal. Les visigoths sont célèbres en orfèvrerie y dominant l'utilisation du bronze. On formait des cellules soudées sur une tôle base, où des petits verres et des cabochons étaient emboutis. Dans le cas de l'or il faut souligner les grands trésors de Guarrazar (Toledo), Torredonjimeno (Jaén), etc. L'**argent**, qui était exploité à Herrerías (Almería) et à d'autres lieux, est moins fréquent.

En ce qui concerne le mercure, qui provenait d'Almadén (Ciudad Real), il était employé en dorures et **damasquinages**, et il était exporté par la Méditerranée.

On employait aussi le plomb (à Cantabria, p. e., pour réaliser des **niellages**), de la même façon que d'autres métaux, roches et minéraux.

Les **arabes** ont développé un important travail des mines et ils ont apporté de grandes innovations dans la métallurgie. Ils ont exploité les sept métaux classiques et quelques autres comme l'arsenic et l'antimoine. Nous gardons quelques uns de leurs **termes miniers**, essentiellement dans la toponymie, p. e., Almadén (qui veut dire "las minas"); il restent des municipalités minières au Portugal (Almada, Almadena, etc.); et en Espagne (Almadén, Almadenejos, Almadén de la Plata, etc.); "algaraviz" (tube de fer qui se place dans les gueules des soufflets des forges); des fours de "xabecas" (des fours qui servent à distiller le mercure sous forme de filet); ocre rouge ou hématites (à Sierra Almagrera ou Almagreira, au Portugal); etc.

L'**or**, qui était obtenu dans les alluviaux des fleuves comme le Segre, le Darro et le Tajo, ou au moyen du travail des mines intérieur, comme il se passait à Las Navas de Ricomalillo (Toledo). AHMED ARRAZÍ (X siècle) et le géographe AL EDRISI (XIII siècle) décrivent la pépinière aurifère de Adiça, au rivage Sud du Tajo, entre Almada et Cabo Espichel.

Le **mercure** était obtenu à Almadén (Ciudad Real) et à d'autres lieux moins importants, comme Ovejo (Córdoba) ou Las Alpujarras (Granada). On peut mettre en relief aussi l'invention des **marmites à distillation** et des **fours sans forme**, pour pouvoir obtenir le métal en chauffant le cinabre.

L'**argent** était extrait des mines comme Herrerías (Almería), Guadalcanal et Almadén de la Plata (Sevilla), ainsi que dans les "kuras" de Beja et Ossónoba, parmi d'autres.

Le **fer** a acquis une certaine importance s'exploitant, par exemple, dans le Cerro del Hierro (Sevilla) ou Otero de Herreros (Segovia).

On employait aussi d'autres métaux comme le **zinc** (p.e. les calamines de Salobreña -Granada-), l'**étain** (p.e. à Lumbrals -Salamanca-, à Idanha-a-Vella et à Belmonte, dans la Serra da Estrela, ainsi que dans les vallées des fleuves Vouga et Mondego), le **plomb** (p.e. à Baza et à Linares -Jaén-) et le **cuivre**, dans les importantes mines de Cerro Muriano (Córdoba) et avec probabilité à Aljustrel. De la même façon on a exploité les mines d'**antimoine** de Almuradiel (Ciudad Real) et dans la "kura" de Lisbonne.

Grâce aux chroniques de l'époque nous connaissons l'existence d'importantes **usines métallurgiques** à Huesca, à Málaga ou à l'île de Saltes (Huelva). Nous connaissons aussi, par les excavations archéologiques, l'emplacement de fabriques moins importantes comme Los Vascos (Toledo). Il faut mettre en relief aussi l'usage de différents alliages comme le **laiton**, le "**ceni**", ou la "**fuslera**".

Il y avait **d'autres minéraux** qui étaient exploités aussi dans le travail des mines: les jacinthes (p.e. à Montemayor -Córdoba- et avec des grenats dans la mine de Suimo à 8 km de Sintra), les variscites (p.e. à Palazuelos -Zamora-), les agates (p.e. à Cabo de Gata -Almería-), les lapislazulis (p.e. à Lorca-Murcia-), les jais (p.e. à Utrillas -Teruel-), le sel de Cora (p.e. à Zaragoza), le sel ordinaire (p.e. à Ciempozuelos-Madrid) et beaucoup plus.

Dans le **Lapidario** de ALFONSO X EL SABIO on peut connaître le travail des mines de l'époque; il y a des lames où l'on voit le caractère artisanal des exploitations. On ne passe presque jamais des cent mètres de profondeur, mais, selon AL EDRISI, on est arrivé jusqu'aux 200 aunes à Almadén. D'habitude il n'y a pas de **soutènement** et les galeries sont généralement étroites. Des maillets, des pics, des pointerolles, et des leviers sont employés pour réaliser l'**abattage**. Le transport manuel du minerai est effectué au moyen de paniers et de cabas. Quant à l'**éclairage** il est réalisé avec des **lampes à l'huile** (la lucarne romaine est arrondie, pendant que la lampe à l'huile arabe, le "**candil**", est plus allongée et stylisée, avec un col d'alimentation pour l'huile à guise d'entonnoir). Enfin, on utilise des **norias de conduites d'eau ou "canjilones"** pour réaliser le dégorgeement.

Mais ce qu'il faut mettre en relief à cette époque-là c'est l'accroissement des connaissances chimiques (l'**Alchimie**), grâce aux échanges avec l'Orient. On a obtenu des sels mercuriels, des sulfates de fer et de cuivre, de l'ammoniaque, du nitrate d'argent, de la soude, de la potasse, etc. On peut souligner en Espagne SALOMON BEN MAIMON (appelé MAIMONIDES). Dans le champ chrétien nous devons nommer ALFONSO X, RAIMUNDO LULIO et ARNALDO DE VILANOVA.

Dans les XIII-XIV siècles les **forges** du País Vasco et de Cantabria étaient installées à des zones aérées tout en haut des montagnes et elles s'appelaient "**masuqueras**"; elles se caractérisaient par son aération naturelle et par le postérieur martelage manuel. Nous connaissons son existence à travers le Fuero de Ferrerías de Segura, Guipúzcoa (1290). Dans le XIV siècle les **roues hydrauliques** apparaissent au Nord, comme on a pu vérifier dans le Fuero de Oyarzun (1328). Ces fabriques fonctionnaient déjà en Europe quelques siècles auparavant. Il faut mettre en valeur l'invention de l'**arbre à cames** (IX-X siècles), qui, installé dans les **forges** hydrauliques ou "**zerraolas**" a remué de

façon synchronique les **soufflets** et le **marteau-pilon**. Le travail des **“ferrones”** ou **“olaguizones”** a été plus confortable désormais. Les catalans ont substitué plus tard (au XVI siècle) les soufflets par les **pompes à jet d'eau** dans les dénommées **“fargas” catalanas**. Il faut mettre en relief les exploitations de Vila Maior au Portugal, qui étaient à la charge des moines du monastère du Alcobaça, ainsi que la fabrique d'armes de Barcarena, à plein rendement au XV siècle.

Au Moyen Âge on a réussi aussi le premier **fer fondu ou coulé**, qui était obtenu dans de petits fours de cuve, au moyen du charbon comme combustible et du soufflage pour augmenter la température. Ce fer carburé était oxydé à fer doux dans les forges.

L'or du stuaire du Tajo était collecté par les **“adiceiros”** (les travailleurs de la mine de Adiça), qui possédaient un for spécial, au moins depuis le règne de SANCHO I (privilèges confirmés par le Roi MANUEL I -1469-1521- en 1497). Il paraît (comme on peut vérifier dans les manuscrits du règne de D. DINIS) que les mines étaient exploitées par des particuliers et qu'elles étaient contrôlées par un officier de la Couronne appelé **“quinteiro”**, lequel touchait les “quintos” ou l'impôt royal. Cette zone minière a été la plus importante de Portugal au XVI siècle, ayant fonctionné de façon intermittente jusqu'au XIX siècle. Quant à l'**argent** il faut mentionner les légendaires mines de Totalica, près de Beja, qui ont été citées dans la **Chronique Générale d'Espagne**, de ALFONSO X, et la fonderie du Castelo do Aguiar da Pena (en plein rendement avec ALFONSO V de Portugal -1438-1481-).

Au Moyen Âge les mines et les salines deviennent propriété de l'État, ce qui garantit l'obtention de ressources pour l'administration à travers un système de concessions. Nous pouvons voir à **“Las Partidas”** de ALFONSO X comment parmi les grandes attributions du Roi, mis à part celle de convoquer la guerre, de toucher les impôts et de frapper la monnaie, se trouve la possession des mines. Les successives législations espagnoles et portugaises ont continué à insister dans ce même sujet (il faut y souligner les études de S. MONTEIRO et de J. A. BARATA, 1889).

5. LE TRAVAIL DES MINES À L'ÉPOQUE MODERNE

La Renaissance se caractérise par le développement commercial, bénéficié de la mayor diffusion monétaire, par l'ouverture de nouveaux marchés et routes de commerce, par l'existence de nouveaux produits, etc. Cela provoque, dans quelques cas, des mesures de **protection douanière**; le Roi et la Reine Catholiques interdisent l'exportation de métaux précieux et de minéraux de fer ou l'importation de sel.

JOÃO II de Portugal ordonne de construire en 1488 la forteresse de San Jorge da Mina, à la Costa da Mina, Golfe de Guinée, à fin de protéger et de consolider le monopole royal du commerce d'**or** avec l'Afrique. VASCO DA GAMA (1497-1499) parle de la richesse en natures, pierres, or, argent et corail de ces terres-là quand il rentre de l'Orient en 1495. Mais on a besoin de l'or africain (de Côte de la

Mine, et aussi de Zimbabwe et de Manica, à travers de Mozambique) et de l'argent de l'Amérique espagnole, pour pouvoir réaliser les échanges commerciaux avec l'Orient. Cet argent arrivait à la métropole, mais il en sortait bientôt, étant envoyé en partie au marché dépicés de Lisbonne.

Vers le 1500 existaient au Pays Basque quelques 300 **forges** qui envoyaient leurs produits vers l'Angleterre et le Flandre. AYRES DO QUENTAL, qui a été nommé Feitor-Mor da Minas do Reyno a apporté des "ferrones" biscaïens au Portugal à fin de relancer ses sidérurgies. Grâce au "Regimento" de 3 juillet 1516 QUENTAL monopolisait les droits de découverte de minéraux métalliques au Portugal presque entier; c'est pour cette raison qu'on peut expliquer un travail des mines peu abondant. Mais, la plupart des forges du pays lusitain ont disparu pendant les XVI et XVII siècles.

Le développement des compagnies de commerce fait resurgir des monopoles comme celui de l'**alun**, qui était un produit employé au tannage des peaux, comme mordant à la teinture de tissus et pour donner gradation aux vins. On peut mettre en relief les gisements de Mazarrón, à Murcia, qui ont acquis de la vigueur à cause de l'épuisement des pépinières italiennes de Tosca.

En 1521, FRANCISCO DAS AVES est nommé **affineur de bleu**, à Aljustrel. Le bleu ou la couperose est le sulfate de cuivre, très estimé par son utilisation en teintures et en médecine.

Entre 1525 et 1575 on découvre les grandes mines hispano-américaines d'argent. C'est le cas de Morcillo (1525), Potosí (1543), Zacatecas (1546), Pachuca (1551), Real del Monte (1552), Oruro (1557) et Castrovirreyna (1569). Au début, l'argent était obtenu des couvertures de filons au moyen de la fusion aux **fours castillans** ou dans les "**guayras**" (les fours des incas sous forme de la plante du basilic), mais la diminution des lois en profondeur a donné lieu à l'invention d'une série de procédures industrielles d'**amalgamation**. En 1553, dans les mines de Pachuca (Méjico), BARTOLOMÉ DE MEDINA a mis en marche la **méthode de "patio"** (amalgamation à froid). Elle a été introduite au Pérou, en 1572, par PEDRO FERNÁNDEZ DE VELASCO, passant tout de suite à réaliser l'amalgamation à chaud (**méthode des fours à manche, méthode des poêles, méthode de la bassine et du racinage**, etc.). On a découvert aussi d'importants gisements d'or en Colombie, au Équateur et en Bolivie. Au Brésil, le Gouverneur DE SOUSA, ébloui par les découvertes espagnoles, organise, en 1531, la première expédition à la recherche de l'or, sans y avoir du succès.

L'or et surtout l'argent américains ont apporté la richesse en Europe et l'**inflation** en Espagne, se ruinant le travail des mines et la métallurgie espagnols. Malgré tout, on installe à Ripoll, Gerona (1568), la première "**farga**" catalane. Ce nouveau système a passé quelques années après au Portugal (p.e. la forge de Chapa-Cunha (1781), à Torre de Moncorvo) et depuis le territoire lusitain il est arrivé jusqu'au Brésil (p.e. il y a de nombreux restes de "fargas" catalanes à Minas Gerais). Il paraît que les premières forges du Brésil ont été Sorocaba près de Sao Paulo (1590) et Ubatá (1603), mais elles ont été fermées en 1629, quand on a ordonné de fabriquer du fer uniquement à la Métropole.

Au XVI siècle il faut mettre aussi en relief la "**Premática**" et les **Ordonnances des Mines de Felipe II** (1563) et les postérieures Brevets, ce qui fait que les mines hispano-américaines restent sous le

domaine de la Couronne. En 1603 on établit le **Regimento das Terras Mineiras do Brasil** et sous le décret de FELIPE II de Portugal, de 24-XII-1616, l'exploitation des mines d'Angola est autorisée. L'impôt caractéristique de l'époque, tant en Espagne qu'au Portugal, était presque toujours la cinquième partie de la production.

L'amalgamation avait besoin du **mercure**. En gros, nous pouvons remarquer qu'il arrivait à Nueva España procédant d'Almadén et qu'il arrivait au Virreinato du Pérou depuis les mines d'Huancavelica, situées à son territoire. Il faut souligner les inventions métallurgiques développées pour améliorer et pour aggrandir l'extraction de ce métal, comme, par exemple, les **fours de "xabecas"** (du début du XVI siècle), les **fours "busconiles"** (1646), de différents **fours à réverbère**, ainsi que d'autres à dessin varié.

Il y a un grand développement minier et métallurgique dû à l'accroissement des besoins des matières brutes. En 1503, SEGISMUNDO DE MALTZ invente le **bocard à injection d'eau**, système de concassage mécanique au moyen d'un mouton hydraulique. Dans l'oeuvre de AGRICOLA, **De Re Metallica** (1556), on parle de nombreux outils et mécanismes d'extraction, de concentration, de concassage, de sortie d'eau, etc., avec des **berlines** sur des rails, des "almadenetas" adossées, des arbres à cames, des pompes à la chaîne et des fours innovateurs. En ce qui concerne l'**aérage** il faut souligner l'engin de CORNEJO (1580), pensé pour les mines de Potosí et, quant à la **sortie d'eau**, la première **pompe à vapeur**, inventée par JERÓNIMO DE AYANZ (1606). Il faut souligner aussi, à cause de son économie en main d'oeuvre, l'usage de la **poudre** pour réaliser l'abattage; elle était usée à Schemnitz en 1626 et à Huancavelica en 1635 et au XVIII siècle et d'une façon générale à la Péninsule. Au XVII siècle aussi on commence à utiliser la **boussole** dans le travail des mines, naissant ainsi la Géométrie Souterraine.

Au XVII siècle apparaissent les premières **industries sidérurgiques** espagnoles: Liérganes (1628), La Cavada (1637), toutes les deux en Cantabria, et Carduente (1642), à Guadalajara. À la deuxième moitié du XVII siècle on a installé quelques forges au Portugal comme par exemple: Prado, Machuca, Foz de Alge, etc.

Pendant le XVIII siècle et dans la partie lusitaino-américaine ont lieu les expéditions vers l'intérieur du Brésil; le but de ces expéditions, dénommées "**bandeiras**" est la recherche de métaux et de pierres précieuses. La plupart de ces incursions est organisée à Sao Paulo. On peut souligner celles de MARTIM DE SÁ et SALVADOR CORREIRA DE SÁ vers Sergipe à la recherche d'argent (1618), la grandiose expédition de ANTONIO RAPOSO TAVARES, vers les fleuves Guapá et Madeira (1648-1651), ou les expéditions au Pará (1655) ou à Tocantins (1678), qui avaient été promues par ANDRÉ VIDAL E NEGREIROS, Gouverneur de Maranhao. Toutes ces missions ont été infructueuses, mais elles ont fait un important pas en avant dans la colonisation du pays. Enfin, entre 1692 et 1695, on a découvert les premiers et très importants gisements aurifères du Brésil dans le Rio de las Viejas, Minas Geraes, y fondant Ouro Preto en 1697 (le nom de Villa Rica de Ouro Preto a été accordé en

1711, à cause de la croissance de sa population).

Au XVIII^e siècle, les productions dans les **forges** du N. sont récupérées. On peut souligner aussi le premier siège de Río Tinto (1720), à la faveur du suédois VOLTERS, qui a introduit dans ces mines la **cémentation cuivrée** (la pyrite disposée en monceletes était lavée avec de l'eau de la mine, précipitant une enveloppe de cuivre sur des ferrailles). On met en marche aussi la **chaudronnerie** d'Avilés, Asturias (1753), et la **fabrique de fer blanc** de San Juan de Alcaraz, Albacete (1756), oeuvre de JUAN JORGE GRUPNER, qui était similaire à une autre créée auparavant à Ronda, Málaga, par le suisse MEURON. La "farga" catalane a son plus grand éclat dans ce siècle.

Mais, la grande impulsion minière est due au Roi Illustré, CARLOS III, dans le règne duquel sont jetées les bases de l'industrialisation du pays. On met en marche la **Académie des Mines** d'Almadén (1777) (Fig. 5). Apparaissent les **Royales Fabriques**, comme les sidérurgies de Eugui (1766) et Orbaiceta (vers 1784), en Navarre, ou la Fabrique des armes de Toledo (1780).

La Couronne accorde exclusivement l'exploitation de toutes les mines de Portugal à MANUEL DA CRUZ SANTIAGO en 1709, mais le travail des mines ne peut pas se développer avec cette politique. Cependant, BERNARDO DE FONSECA découvre en 1720 des **diamants** au Brésil, déplaçant ainsi l'Inde, en 1729, qui avait la première place de la production mondiale (Fig. 6) (jusqu'à la fin du XIX^e siècle où l'Afrique du Sud prend la relève). Dans les premières années du XVIII^e siècle il y a aussi une grande expansion productive dans les mines d'**or** de Ouro Preto, arrivant à Brésil quelques 300.000 citoyens originaires de la Métropole (600.000 pour d'autres), beaucoup d'eux poussés par la "fièvre de l'or". Le 26 mars 1731 on promulgue le Décret Royal d'expropriation des mines d'or et de diamants du ruisseau de Tijuco. Les miniers qui en sortaient des diamants de façon clandestine se cachaient dans les "garimpas" des montagnes et ils ont arrivé à être nommés **garimpeiros**. La ville de Diamantina a été fondée en 1831.

De nouveaux gisements d'**or** apparaissent au Brésil, à Cuibá, Matogrosso (1721) et surtout dans la province de Goiás (1725-1757), où les plus grandes productions se sont succédées dans un court espace de temps (1730-1735). L'activité minière de cette dernière zone était contrôlée depuis Minas Geraes. La production d'or de Minas Geraes a baissé dans les années quatre-vingts quand les filons restent épuisés.

En 1788, RAIMUNDO IBAÑEZ crée la sidérurgie de Sargadelos. En 1797, on installe ici le premier **haut-fourneau** espagnol, étant le charbon végétal le combustible employé. À la fin du XVIII^e siècle, on installe aussi les industries métallurgiques de Trubia, Fontamena et Oviedo. De la même façon il faut mettre en relief la construction de la fabrique de La Jubia, à La Coruña (1791), la principale consommatrice du cuivre de Río Tinto.

À cette époque-là on commence à exploiter aussi les **charbons** asturiens et FERNANDO CASADO, ingénieur de la marine, a mis en marche les premiers **fours à coke** espagnols (1784). La transformation en coke avait été découverte par DAVY au début du siècle en Angleterre. En 1773 commence

Exploitation carbonifère à Cabo Mondego, au Portugal, et en 1795 on découvre les gisements d'anthracite de S. Pedro de Cova, aussi au Portugal.

À la fin du XVIII siècle on introduit la **machine de watt** en Espagne, appliquée, dans le cas des mines à la sortie d'eau des travaux d'Almadén.

Après l'imprimerie il y a eu de grandes diffuseurs des connaissances minières et métallurgiques, dont nous allons signaler seulement les plus importants et leurs oeuvres les plus significatives. Au XVI siècle il y a DUARTE PACHECO PEREIRA qui a écrit **Esmeraldo de Situ Orbis**, PÉREZ DE VARGAS, avec **De Re Metallica** (1569) et JUAN MONARDES, avec "**Dialogues du fer et leurs grandeurs**" (1572). Au XVII siècle il faut signaler JUAN DE OÑATE, avec son "**Traité très utile et profitable de De Re Metallica**" (1624), FERNANDO MONTESINOS, avec le "**Répertoire de bénéficiaires**" (1638) et le curé ALVARO ALONSO BARBA, avec "**L'art des métaux**" (1640), qui a été le traité métallurgique universel pendant deux siècles. Au XVIII siècle et au début du XIX il y a les oeuvres de FRANCISCO XAVIER GAMBOA, "**Commentaires aux Ordonnances de Mines**" (1761), celles de RODRIGO DE SOUSA COUTHINHO, "**Discours sur la véritable influence des mines de métaux précieux à l'industrie des nations qui en ont et surtout à la portugaise**" (1790) et celles de ANGEL DíEZ, "**Traité de minéralogie**" (1803). On doit signaler aussi les deux premiers traités minéralogiques espagnols, écrits en Amérique: la **Orythologia** (écrite vers 1790), de JUAN JOSÉ ELHÚYAR et la **Oritognosia** (1795), de ANDRÉS MANUEL DEL RÍO.

La seconde moitié du XVIII siècle est aussi l'époque des savants commissionnés au travail des mines américaines, comme c'est le cas de ANTONIO ULLOA (qui a propagé l'existence du **platine**), des frères JUAN JOSÉ et FAUSTO ELHÚYAR (qui ont découvert le **wolfram**) (Fig. 7), d'ANDRÉS MANUEL DEL RÍO (qui a synthétisé le **vanadium**), du baron de NORDENFLINCH, de FEDERICO SCHONESMIDT, de TADEUS HAENCKE, etc. L'Espagne a envoyé en Amérique les meilleurs hommes, fondant sur le modèle de l'Académie d'Almadén, l'**Académie du Travail des Mines de Potosí** (1778) et le **Séminaire du Travail des Mines de México** (1790), considéré par HUMBOLDT le meilleur centre scientifique du Nouveau Monde.

En 1783 CARLOS III promulgue les **Ordonnances des Mines** pour le Vice-royauté de Nueva España et en 1794 sont promulguées les Ordonnances des Mines du Pérou et des autres provinces du "Río de la Plata". La législation minière portugaise de 1801/1802 est le premier essai qu'on a réalisé pour généraliser la délivrance et l'exploitation des mines de ce pays. Le brésilien JOSÉ BONIFACIO DE ANDRADE E SILVA (1763-1838) (Fig. 8), étudiant à Paris (avec FUCROY, LAVOISIEUR et HAÛY) et l'Académie des Mines de Freiberg (1791) près de MANUEL FERREIRA DA CAMARA (1762-1835) élèves n° 383 et 384), devient, par Lettre Royale du 18 mai 1801, "Intendente Geral das Minas e Minas do Reino de Portugal e dos Algarves" (CAMARA occupe le même poste au Brésil) et le **premier professeur de Métallurgie** de l'Université de **Coimbra**: "*para formar pessoas capazes de serem de futuro membros do Estado Público e dirigirem as casas da Monea, Minas e Bosques do Reino*". Cet

auteur avait découvert plusieurs nouveaux minéraux, tels que la cryolithe, la "escapolita", la pétalite et la "espoudumena"; c'est à partir de ces deux derniers que le suédois JOHAN ARFWEDSON a obtenu le lithium en 1818.

Quand ANDRADE E SILVA étudiait en Allemagne, il a reçu la commission de recruter des spécialistes en le travail des mines du charbon et en la sidérurgie pour pouvoir mettre ordre dans les mines de **charbon** de Buarcos (qui avaient été découvertes à la fin du XVIII siècle) et celles de **fer** de Figueiró dos Vinhos, à Foz do Alge. On peut mettre en relief parmi les spécialistes qui sont venus le baron WILHELM VON ESCHEWEGE, lequel passe après au Brésil, où il installe des fours pour fondre le fer. Il y a d'autres techniciens allemands qui découvrent, de la même manière, les gisements de charbon de Brésil.

Dans cette nouvelle orientation économique favorisée par JOAO II, on promulgue le Alvará de 13 mai 1803, qui donne origine à la Real Junta de Mineração e Moagem à Minas Geraes avec des fonctions régulatrices, juridiques, d'analyse économique et statistiques. On a favorisé les grandes entreprises au détriment des petites, on a diminué les impôts et on a donné des stimulants aux nouvelles découvertes. Dans ce cadre, ESCHEWEGE lui-même, a créé à Minas Geraes, en 1817, une compagnie pour l'extraction de l'or.

6. LE TRAVAIL DES MINES À L'ÉPOQUE CONTEMPORAINE

ANDRADE E SILVA s'est rendu au Brésil en 1819 et il est remplacé par ESCHEWEGE dans la Direction Générale. Il y publie **Mémoire sur les Diamants du Brésil**. En 1827, un assistant d'ANDRADE, appelé ALEXANDRE VANDELLI, publie lui aussi **Compêndio da Arte de Minas e Montanísticos** et, en 1827 aussi, JOSÉ BERNARDO MICHILIS édite **Breve Exposição dos Trabalhos Montanísticos**.

Le 7 septembre 1822 D. PEDRO déclare l'indépendance du Brésil. À partir de la promulgation du Décret du 16 septembre 1824 on permet l'entrée d'entreprises étrangères au Brésil, même si elles doivent payer plus d'impôts que les nationales en font, et la plupart de la production d'**or** reste, jusqu'à 1860, entre les mains de deux compagnies anglaises: The Imperial Mining Association, installée en 1824 et St. John del Rey Mining Ltd., installée en 1830. Postérieurement on établit beaucoup d'entreprises, continuant la production aurifère du pays, mais beaucoup d'elles se sont ruinées.

Les **Ordonnances des Mines** de 1825, patronnées par FAUSTO ELHUYAR, ont influencé le développement du travail des mines espagnol. Le résultat de ces améliorations a été la création du **Corps d'Ingénieurs des Mines** (1833) et la structuration des enseignements grâce à la création de l'**École Spéciale des Mines de Madrid** (1835). Il faut mettre en relief aussi la mise en marche de la **Commission de la Carte Géologique** (1849), qui est le deuxième organisme de recherche créé en

Espagne à fin de venir à l'appui du développement minier. On peut souligner enfin les commencements **des publications périodiques minières**: Annales des Mines (1838), Bulletin Officiel des Mines (1844), **Revue Minière** (1850), etc.

Au Portugal, en 1836, la législation libérale de PASSOS MANUEL essaie d'améliorer le travail des mines en procurant l'activité privée et en établissant un Corps des Mines et des Écoles de Formation. C'est de cette façon que les Instituts Polytechniques de Porto et de Lisbonne font son apparition en 1837 (ce dernier reste relié à l'École de l'Armée jusqu'à 1859); dans ces Instituts a reçu sa formation une bonne partie des ingénieurs des mines portugais au XIX siècle. Enfin, sous la loi du 25 juin 1850, on crée la **Commision Consultative des Mines**. Peu après, FRANCISCO ANTONIO PEREIRA DA COSTA et CARLOS RIBEIRO (Fig. 9) poussent la nouvelle **Loi de Mines de 1852**, et c'est dans ce nouveau cadre qu'on crée la **Chaire de Montanística et Docimásica**, commençant le cours en 1854 sous la direction de ISIDORO EMILIO BAPTISTA. En 1857 apparaît le **Service Géologique Portugais**, sous la direction conjointe de PEREIRA et de RIBEIRO, bien qu'en 1848 on avait déjà créé un autre Service. En 1875 on met en marche le **Service Géologique Brésilien** et, peu après, l'**École des Mines de Ouro Preto**, dirigée par le géologue français CLAUDE HENRI GORCEIX (1842-1919).

En 1784, apparaît le **four à réverbère** de HENRY CORT, lequel servait à faciliter la transformation de la fonte brute en fer malléable au moyen du puddlage. CORT invente aussi les **trains de laminage de fers**, avec lesquels on commence à produire de la tôle de fer en grandes quantités. En 1754, WILKINSON avait commencé à appliquer la vapeur aux marteaux pilons. On avait déjà vu comment avait commencé la production de coke. Il y avait les conditions nécessaires pour originer la naissance des forges modernes: les **hauts fourneaux** ont substitué peu à peu les primitives forges.

Au début les hauts fourneaux fonctionnaient avec du charbon végétal, comme, par exemple, celui de la forge de La Concepción, à Marbella (1831), ou celui de Camprodón (1844). La première fabrique qui a élaboré du **fer à l'anglaise** en Espagne, consommant des **charbons minéraux**, a été la Fonderie de San Blas, à Sabero (León), en 1847. Le marteau pilon, les laminoirs, les machines à vapeur, etc. ont été apportés de l'Angleterre, étant transportés sur des charrettes à boeufs depuis Gijón, en parcourant 200 kilomètres à travers de chemins de montagne. Après la Forge de Sabero, on a mis en marche les hauts fourneaux de celle de Trubia, en Asturies, en 1848; ces hauts fourneaux étaient alimentés au moyen du coke.

CAMARA a été le premier qui a installé les **hauts fourneaux** au Brésil, au début du XIX siècle, dans la Royal Fabrique de Fer del Morro del Pilar, de Minas Gerais. Au Portugal (à Lisbonne et à Porto) on a installé plusieurs fabriques métallurgiques et métallo-mécaniques pendant les années quarante; on peut souligner dans la capitale la fabrique de JOSÉ PEDRO COLLARES, qui avait une **fonte de fer** avec un four qui pouvait traiter cent arrobes chaque jour. En Espagne, vers 1830, BONAPLATA avait installé à Barcelona une fonte et une fabrique métallo-mécanique.

En 1855, il y avait en Espagne au moins 13 lieux qui possédaient de **hauts fourneaux** qui fonctionnaient

avec du combustible végétal ou minéral, et un total de 20 fours. Il s'agit de: Bolueta (Vizcaya), Araya (Álava), Donamaria (Navarra), Guriezo (Santander), Mieres, Pola de Lena y Trubia (Asturias), La Constancia y El Ángel (Málaga), El Pedroso (Sevilla), Sargadelos (Lugo), Navalucillos (Toledo) y San Blas en Sabero (León). Beaucoup de ces sidérurgies ont mis brusquement fin quand les barrières douanières ont été supprimées, car les prix de ravitaillement des matières premières et la distribution des produits élaborés étaient très grands dans un pays qui possède une orographie si complexe comme Espagne. Malgré tout, à partir de la moitié du XIX siècle, on commence la construction d'innombrables **chemins de fer miniers**. Au Portugal, la Royal Ferraria de Alge, auprès des forges de Machuca et de Prado, étaient déjà déphasées. À fin d'activer la sidérurgie du pays lusitain, l'ingénieur des mines SCHIAPPA DE AZEVEDO est envoyé en Espagne en 1860. Selon indique PAULO GIMARÃES (1999): "*Em Portugal, as ferrarias e as metalurgias desapareceram praticamente no inicio do capitalismo mercantil*", et on commence à apporter le fer de la Galice. À la fin du XIX siècle on installe aucuns hauts fourneaux (p.e. comme ceux de Pedreanes, à Marinha Grande).

La deuxième moitié du XIX siècle l'Asturies est le grand centre métallurgique d'Espagne, avec: la Asturiana Mining Company (Mieres), Societé Metallurgique Duro et Cía. (La Felguera), Chaviteau & Cíe (Quirós), la Compagnie d'Asturias (La Felguera), etc. La sidérurgie avance avec le **convertisseur Bessemer** (1856) ou creuset à l'air insufflé, qui permettait obtenir de l'acier bon marché (Fig. 10), et avec le **procédé Martin-Siemens** (1856), qui consiste à utiliser des minéraux comme oxydants dans le puddlage et au moyen d'un dessin particulier de la chambre en réussissant la fusion de la charge. Un peu après, en 1875, THOMAS réussit à traiter des minéraux metallifères phosphoreuses. Dans ce contexte, en 1882, commence la sidérurgie de Bilbao, créant en 1902 Altos Hornos de Vizcaya, qui ont gardé sa primauté jusqu'à ce qu'on a fondé l'entreprise de l'État ENSIDESA, en 1950. À cette époque, on a installé à Avilés (Asturias) le plus grand complexe sidérurgique du monde occidental.

En ce qui concerne le **cuivre** il faut remarquer que, entre le XVIII et le XIX siècles, de nombreux locataires ont passé par les mines de Río Tinto: VOLTERS, SANZ ou le marquis de REMISA, lesquels ont extrait les minéraux les plus riches. En 1839 on introduit le **procédé de cémentation forcée**, au moyen de calcinations et de lavages successifs. En 1861 les anglais ont commencé à importer des pyrites espagnoles pour fabriquer de l'acide sulphurique et de la soude, à cause des prix très élevés de la soufre italienne. En 1862 on fonde la Tharsis Sulfur & Cooper Company, qui est l'une des compagnies étrangères qui est installée dans la zone à ces années-là. En 1873 Río Tinto est acquéri par Río Tinto Company Ltd., par valeur de 92 millions de pesetas, devenant le premier producteur mondial de cuivre entre 1877 et 1891. En 1907 on commence l'exploitation de Corta Atalaya, où l'on emploie de très grandes quantités de main d'oeuvre. C'est là aussi que l'on emploie pour la première fois en Espagne les **pelles à vapeur**, originaires du travail du Canal de Panamá, lesquelles sont substituées par des **pelles électriques** à partir de 1924.

Au Portugal, JOÃO MARIA LEITÃO, ingénieur des mines portugais, qui avait été formé à Clausthal, attire l'attention sur les mines de la Bande Pyritique portugaise dans quelques articles publiés en

vista Minera de Madrid (1850 et 1851). ERNEST DELIGNY (depuis les mines de Tharsis) montre l'intérêt par ces mines, et, à partir de cette date, il y a de différentes compagnies étrangères qui se sont occupées des concessions des anciennes exploitations romaines de São Domingos (exploitée entre 1854 et 1967), Aljustrel (il y a des données de son exploitation depuis 1847) et Sierra de Caveira. D'autres mines de cuivre importantes ont été Ruy Gomes, à Moura (1855), Outeiro dos Algarès, à Alentejo (1866), Lousal, à Grândola (1882), etc. Entre 1860 et 1870 principalement il y a un grand intérêt minier dans la zone, patronnée par l'arrivée du chemin de fer à Beja (1868).

Les mines de **plomb** de Linares (Jaén), qui faisaient partie en 1748 du Ministère des Finances, avaient presque de la production. Une série de mesures de libéralisation (1817-1822) ont permis la décision d'agir de particuliers qui y ont activé le travail des mines. En 1818 on commence les travaux à Sierra de Gador (Almería), dont les grandes productions à petit prix ont originé de grandes crises dans les exploitations anglaises et allemandes. En 1823 on cède les mines de Linares à la faveur du Français LOUIS FIGUEROA (installé aussi à Lisbonne), mais celles-ci n'arrivent pas à avoir son plein rendement jusqu'à 1869, où elles sont louées au chef d'entreprise catalan VILLANOVA. En 1838 on est en marche le bassin de Sierra Almagrera (Murcia). En 1842 on substitue les fours castillans de Almería par d'autres fours anglais plus modernes. Cette même année commence le travail des mines de la Sierra de Cartagena, qui, à partir de 1875, devient la principale zone productrice. En 1896 les mines de Sierra Morena commencent à avoir de l'importance. Vers le milieu du XIX siècle, de la même façon qu'il se passe dans d'autres secteurs miniers, des compagnies étrangères commencent à se présenter; ces compagnies disposaient de plus grands capitaux pour pouvoir entreprendre les coûteuses oeuvres d'extraction, par exemple, il y a Stolberg & Westfalia, la Compagnie d'Aguilas, etc. Almagrera. À partir de 1881, on peut souligner la compagnie française Peñarroya à Sierra Morena. À la fin du siècle l'Espagne était le premier pays producteur de plomb du monde. Au Portugal, la première concession de plomb des minas do Braçal, près d'Aveiro, date de 1836.

La découverte de la **galvanisation** par CRAWFORD et SOREL (1837), a donné lieu à une plus grande demande de **zinc**. La Compagnie Royale Asturienne, qui exploitait des mines en Guipúzcoa, depuis 1850, commence, en 1855, à Arnao (Asturias) la production industrielle de ce métal en Espagne. En 1856 on découvre la grande pépinière de Reocín (Santander) qui est encore en production. Puis, l'exploitation de la "Couche des blends" à la Sierra de Cartagena a commencé aussi. À la fin du siècle l'Espagne était le sixième pays producteur de ce métal dans le monde. Le zinc portugais provient des minéraux sulfurés de la Bande Pyritique (p. e. Aljustrel).

Dans le cas du **mercure**, on doit souligner que DIEGO DE LARRAÑAGA introduit en 1806 les **fours d'Idria**, construits en 1879 par LETHNER. En 1830 les mines sont hypothéquées et on accorde le monopole des ventes à la maison IÑIGO ESPELETA de Bordeaux. En 1835 on donne la commercialisation à la famille ROTHCHILD (propriétaires des mines d'Idria et monopoleurs du marché), qui l'ont maintenue jusqu'à 1910. En 1905 on a installé les **fours Cermack-Spirek**, utilisés jusqu'à 1954, où l'on installe les actuels **fours Pacific-Herreshof**. Tout au long de l'histoire, sauf à

des moments très concrets, l'Espagne a été toujours le premier producteur mondial. Au Portugal, la mine de mercure de Coina avait été abandonnée en 1801.

En ce qui concerne le **wolfram**, il faut mettre en relief la concession de la Mina Ribeira à Bragança (1871), au Portugal. Cette mine est la première de son genre dans ce pays. Au XX siècle, et, à cause des nécessités de guerre, on a exploité des gisements de ce métal dans tout le "Arc de l'Étain" (Massif Hercinique Péninsulaire). Nous pouvons souligner les mines de Panasqueira, mises en marche un peu avant de la I Guerre Mondiale (1911), et qui sont encore en marche.

Le **charbon**, auprès du fer, a été le moteur de l'industrialisation. Au XVIII siècle on ne commence pas seulement l'exploitation des charbons asturiens, mais on commence aussi à extraire du minerai à Belméz (Córdoba), à Cabeza de Vaca et à Arroyo de la Hontanilla, et au Portugal, à Cabo Mondego (vers 1750), S. Pedro de Cova (1795), etc. En 1838 on découvre du charbon à San Juan de las Abadesas (Gerona), ce qui suppose un grand espoir pour le décollage industriel de Catalogne. À la moitié du XIX siècle on exploitait déjà les pépinières de la partie Sud de la Corniche Cantabrique: Sabero (León), Barruelo (Palencia), Orbó (Burgos) et d'autres. Mais le manque de communication a créé de grandes problèmes. En 1864 on découvre le charbon à Pejao (Portugal). Le bassin de Puertollano (Ciudad Real) a été mis en marche en 1874. C'est de cette façon qu'à la fin du XIX siècle, fonctionnaient presque tous les secteurs carbonifères; malgré tout, il y a eu encore quelque nouvelle découverte au XX siècle, comme le bassin de Laceda (Asturias) en 1916. Dans les années 50 l'État espagnol fait irruption dans le secteur, à travers le INI, en créant des entreprises comme HUNOSA ou Minas de Figaredo, qui ont maîtrisé la production de charbon jusqu'à l'heure actuelle. Dernièrement on peut souligner les exploitations de lignites à bas coefficient calorifique pour être consommé à des centrales thermiques, comme, par exemple: Meirama ou Puentes de García Rodrigo (Coruña). Au Portugal, LUIS MIGUEL DUARTE (1995) indique la phrase suivante: "*Não temos nada de verdadeiramente significativo de ferro ou carvão*".

Dans le cas des **produits pétrolifères** on peut dire qu'on a découvert des asphaltes de peu d'intérêt à Fuentetoba (Soria) et à Maeztu (Álava) à la fin du XIX siècle. En 1900 on a réalisé le premier sondage à Huidobro (Burgos), mais il n'y a pas eu de découvertes de champs pétrolifères jusqu'à 1958. Depuis lors on a trouvé plusieurs zones avec des hydrocarbures, en étant la principale le champ d'Ayoluengo (Burgos). Au Portugal, on peut souligner l'extraction dans quelques secteurs d'Angola.

Les nouveaux besoins entraînent des produits miniers différents. En 1918 commence l'extraction des **sels potassiques**, si nécessaires pour l'industrie des fertilisants, à Suria (Barcelona), et celle de l'**uranium**, après la II Guerre Mondiale, à Sierra Albarrana (Córdoba). Au Portugal, les anglais se sont installés il y a quelques décades dans la zone de Guarda. Le travail des mines des **bauxites** pour obtenir de l'aluminium est plus moderne, de la même façon qu'il se passe avec celui du **sulfate de strontium**, parmi d'autres exemples.

À la fin du XIX siècle apparaissent les **machines perforatrices** complexes ainsi que l'**air comprimé**. Les grandes dimensions de ces machines a fait qu'elles étaient employées pour le percement des tunnels, mais pas pour les tailles. À Almadén on réalise la première installation d'air comprimé en 1914 et les premières machines perforatrices apparaissent en 1924.

La **dynamite**, inventée en 1866, a beaucoup contribué à l'abattage. En 1872 on installe à Galdácano (Vizcaya) la Sociedad la Dinamita, avec brevet d'invention NOBEL.

En 1815, CLANY et STEPHENSON inventent la **lampe de grisou**, qui est perfectionnée par DAVY l'année suivante; peu après, apparaît la **lampe de benzène** de WOLF. En 1878 EDISON invente la **lampe incandescente** en existant 1500 lampes de ce genre dans les mines espagnoles en 1883.

En gros, on peut dire que les plus importantes progressions du XIX siècle sont: l'abattage, le transport, le soutènement, l'éclairage, la sortie d'eau, l'extraction, la concentration et le traitement des minéraux. Les dernières années de grandes machines de mouvement de terres permettent l'extraction de vastes masses de minerai à bas prix. Pour cette raison, à l'heure actuelle, on exploite les grandes gisements de basses-lois qui sont situés en général au Tiers Monde. Cependant, il y a des mines métalliques péennsulaires qui continuent encore à produire, comme, par exemple: Neves Corvo, Almadén, Aljustrel, Río Tinto, Tharsis, Río Narcea, etc.

Le Portugal et l'Espagne sont des pays importants à ce moment en ce qui concerne la production de roches ornementales et de minéraux industriels.

BIBLIOGRAPHIE

- ADARO, L. (1984-1994). **Datos y documentos para una historia minera e industrial de Asturias**. Ed. Suministros ADARO S.A. Gijón. España. 3 Vol.
- ALLAN, J.C. (1965). A mineração em Portugal na Antiguedade. **Boletim de Minas**, Vol. 2, Nº 3, 139-175 (julio-Sep. 1965). Lisboa. Portugal.
- ALVES, H. (1996). Mina de S. Domingos um caso de tipologia industrial mineira. **Arquivo de Beja**, Vols. IV, Série III, 7-17. Beja. Portugal.
- ALVES, H. (1997). A mina de Neves-Corvo. Uma nova tipologia mineira? **Arquivo de Beja**, Vols. IX, Série III, 15-33.
- ALVES, H. (1997). **Minas de S. Domingos. Génese, Formação Social e Identidade Mineira**. Ed. Campo Arqueológico de Mértola. Estudos e Fontes para a História Local. Mértola. Portugal.
- ALVES, H. (1999). O Património Arqueológico Mineiro de Aljustrel. **Vipasca**, 9, 9-22. Aljustrel. Portugal.
- ALVES, H. (2000). Um século de mineração no Alentejo. **História** 31, dic. 2000, 50-56.
- AYALA, F.J. (2000). **Historia de la Tecnología en España**. Ed. Valatenea. Barcelona. 2 Tomos. Ver trabajo de PUCHE, O. La Minería no Energética. pp. 219-232.

- BARGALLO, M. (1955). **La Minería y la Metalúrgia en la América española durante la época colonial**. Ed. Fondo Cultura Económica. México (México)-Buenos Aires (Argentina).
- BARRETO, M.L. (1997). **Ouro brasileiro: um desafio empresarial**. Ed. MCT-CNPq-CETEM. Série Qualidade e Productividade, 13. Rio de Janeiro. Brasil.
- BLANCO, A. y LUZÓN, J. (1966). Mineros antiguos españoles. **AEA**, 39, 73-103.
- BRANDÃO, M. (1999). **Actas do Seminário de Arqueologia e Museologia Mineiras**, Lisboa Outubro 1998. Ed. IGM. Lisboa.
- CAMPOS, J. (1957). Elementos para a história da Administração Mineira nos séculos XII a XVI. **Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro**, Vol. XII, Nº 3-4, 272-345.
- CARDOSO, A.M. (1998). A indústria metalúrgica e metalomecânica em Lisboa e no Porto na segunda metade de século XIX. **Arqueologia e Indústria**, 1, 83-100. Ed. APAI. Lisboa. Portugal.
- CASTILLO, M. (Ed.) (1994). **Minería y Metalurgia. Intercambio tecnológico y cultural entre América y Europa durante el período colonial español**. Ed. Moya y Monraveta. Sevilla (España)-Bogotá (Colombia). Cfr. PUCHE, O. Influencia de la legislación minera, del laboreo, así como del desarrollo técnico y económico, en el estado y producción de las minas de Huancavelica, durante sus primeros tiempos. Pp. 437-483.
- DE MIRANDA, J.G.; CIPRIANI, M.; MÁRTIRES, R.A.C. y GIACONI, W.G. (1997). **Actividades garimpeiras no Brasil: Aspectos técnicos, econômicos e sociais**. Ed. MCT-CNPq-CETEM. Série estudos e documnetos, 38. Rio de Janeiro. Brasil.
- DOMERGUE, C. (1987). **Catálogo des mines et des fonderies antiques de la Península Iberique**. Publications de la Casa de Velázquez. Madrid. España. 2 Vol.
- DUARTE, L.M. (1995). A actividade mineira em Portugal durante a Idade Média. **Actas de las I Jornadas sobre Tecnología y Minería en la Edad Media Peninsular**. Ed. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. León. España. pp. 67-90.
- GUIMARÃES, P. (1999-2000). As minas portuguesas do antigo regime ao liberalismo. **Arqueologia e Indústria**, 2-3, 53-80. Ed. APAI. Lisboa. Portugal.
- HABASHI, F. (2000). Chemistry and metallurgy in the Portuguese Empire. **CIM Bulletin**, V. 93. Nº 1044, 109-113. Octubre-2000. Quebec. Canadá.
- LUZÓN, J.M. (1970). Instrumentos Mineros de la España Antigua. En **La Minería Hispana e Hispano Americana**. Ed. Cátedra de San Isidro. León. España. pp. 151-193.
- MACHADO, A.C.D. (1970). As minas de carvão de Pejão. **Boletim de Minas**, 7 (4), 259-281. Oct-Dez. 1970. Lisboa. Portugal.
- NADAL, J. (1992). **Moler, tejer y fundir. Estudios de Historia Industrial**. Ed. Ariel. Barcelona. España.
- PINTO, M.S. (2001). Mineração no Brasil Colonial. En LAPIDO, F. (Ed.). **A construção do Brasil e da América Latina pela mineração-Brasil 500 anos**. Ed. CETEM. Rio de Janeiro. Brasil.
- PRIETO, C. (1977). **La Minería en el Nuevo Mundo**. Ed. Revista de Occidente. Madrid.
- PUCHE, O. (1995). La obra minera del Rey Sabio y las explotaciones de su tiempo. **Actas de las I Jornadas sobre Tecnología y Minería en la Edad Media Peninsular**. Ed. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. León. España. pp. 298-304.
- PUCHE, O. (2001). Mineração no período colonial da América de língua espanhola. En LAPIDO, F. (Ed.). **A construção do Brasil e da América Latina pela Mineração-Brasil 500 anos**. Ed. CETEM. Rio de Janeiro. Brasil.

UCHE, O. y AYALA, J. (1995). La minería y la metalurgia en la época del Imperio. **Boletín Geológico y Minero**, 106-3, 282-292. Ed. ITGE. Madrid. España.

UCHE, O. y BOSCH, J. (1995). Apuntes sobre la minería visigótica hispana. **Actas sobre las I Jornadas sobre Tecnología y Minería en la Edad Media Peninsular**. Ed. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. León. España. pp. 198-216.

UCHE, O. et al. (1996). Los procesos de amalgamación a través de los tiempos. **Boletín Geológico y Minero**. Vol. 107-1, 90-100. Enero-Febrero de 1996. Ed. ITGE. Madrid. España.

GO, M. (Coord.) (1996). **Mineração no Baixo Alentejo**. Ed. Câmara Municipal de Castro Verde. Castro Verde. Portugal. En particular los trabajos de ARTUR MARTINS, PAULO GUIMARÃES y HELENA ALVES.

LLA, L. DE C. (1970). Primeiros Tempos da Mina do Cabo Mondego. **Boletim de Minas**. 7 (1), 5-47. Jan.-Mar. 1970. Lisboa. Portugal.

EMERCIEMENTS

Je remercie a MANUEL S. PINTO, HELENA ALVES, JOSÉ ANTONIO ESPÍ y MANUEL BRANDÃO pour la documentation qu'ils m'ont envoyé pour pouvoir réaliser ce travail.



Fig. 4 – La forteresse de San Jorge da Mina (George Brum, 1572)



5 – Académie des Mines d'Almadén (XVIII siècle)

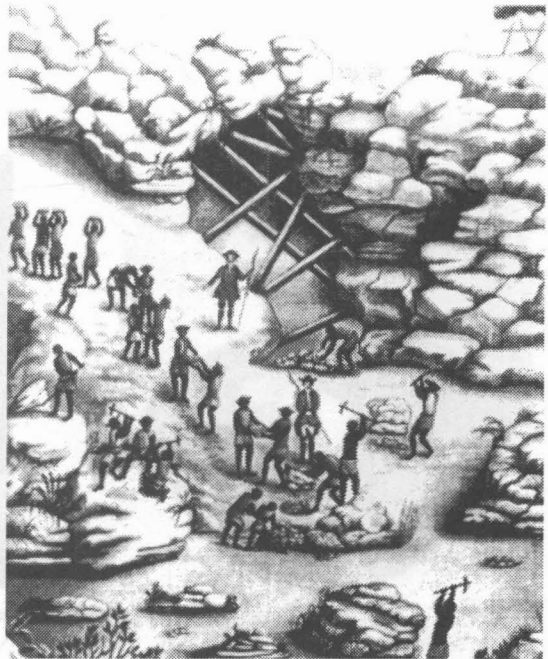


Fig. 6 – Extraction de diamants, Serro Frio, Brésil (Carlos Julião, XVIII siècle)



Fig. 7 – Fausto de Elhuyar y Subice (1755 - 1873) avec son frère Juan José ont découvert le wolfram (1883)



Fig. 8 – Andrade e Silva (1763-1838) premier Professeur de Métallurgie de Université de Coimbra, Portugal

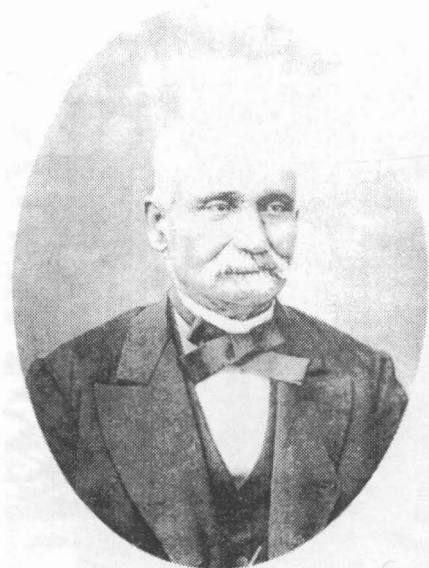


Fig. 9 – Carlos Ribeiro (1813-1882) coprésident du Service Géologique Portugais (1857)

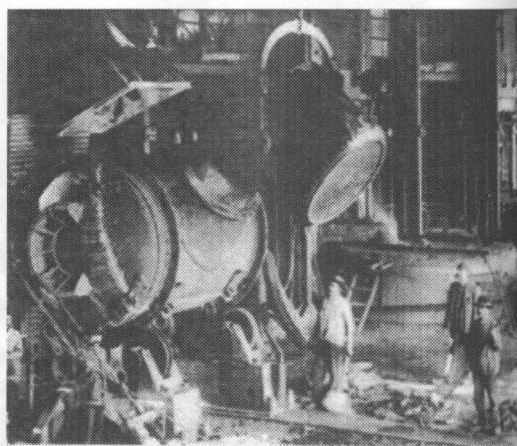


Fig. 10 – Convertisseur Bessemer, Rio Tinto, Huelva, Espagne (1901)